

Evaluasi Kinerja Unit Filter IPAM Karangpilang III PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Aliza Camellia dan Bowo Djoko Marsono

Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: bowodjok@gmail.com

Abstrak—PDAM Surya Sembada Kota Surabaya berupaya untuk meningkatkan pelayanan hingga mencapai 100% dengan melakukan *uprating* pada IPAM Karangpilang III. Permasalahan yaitu penurunan kualitas effluen filter dan peningkatan frekuensi *backwash* pada unit filter dalam satu hari dan tidak menentu mengakibatkan tidak stabilnya kuantitas dan kualitas air produksi sehingga diperlukan evaluasi terhadap unit filter. Dilakukan 2 evaluasi untuk menentukan kinerja unit filter dan kinerja *backwash* unit filter. Parameter yang digunakan yaitu nilai kekeruhan. Evaluasi pertama meliputi pengukuran nilai kekeruhan influen dan effluen filter, penghitungan persentase rasio volume air *backwash* terhadap air produksi serta penghitungan *unit filter run volume* (UFRV). Data menunjukkan bahwa nilai kekeruhan effluen dari seluruh unit sudah memenuhi baku mutu dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010. Namun, 5 unit tidak memenuhi kriteria dari *Key Performance Indicator* (KPI) PDAM yaitu kurang dari 1 NTU. Persentase rasio volume air *backwash* terhadap volume air produksi menunjukkan bahwa kinerja filter nomor 5 hingga 10 normal yaitu diantara rentang 3-7%. Hanya 5 unit yang memenuhi kriteria UFRV yaitu 300-500 m³/m². Dari hasil evaluasi pertama dilakukan penilaian sehingga filter nomor 2, 10, dan 14 terpilih untuk dievaluasi secara khusus menggunakan metode *filter coring*. Kehilangan media, media yang tidak rata, *cracking*, dan *air binding* terlihat pada filter nomor 2 dan 10. Berdasarkan profil nilai kekeruhan setelah *backwash*, efisiensi penyisihan dan kualitas effluen filter nomor 2 lebih dari filter nomor 10. Profil *floc retention* filter nomor 10 menunjukkan kondisi media pada titik 1 dan 2 sangat kotor dan mengandung *mud balls* sementara titik ke 3 memiliki media yang kotor dan adanya kemungkinan terbentuk *mud balls* pada media.

Kata Kunci—*Backwash*, Ekspansi, Filter, *Filter Coring*, Kekeruhan.

I. PENDAHULUAN

PERUSAHAAN Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada berupaya untuk mencapai 100% pelayanan kebutuhan air minum di Kota Surabaya dengan melakukan *uprating* pada beberapa instalasi pengolahan air minum (IPAM) yang ada. IPAM Karangpilang III merupakan salah satunya, dimana peningkatan kapasitas telah dilaksanakan sebesar 400 L/detik sehingga kapasitas IPAM Karangpilang III menjadi 2.400 L/detik. Namun, untuk menjaga kualitas debit pengolahan dianjurkan tidak berubah sesuai desain debit kapasitas pengolahan IPAM Karangpilang III yaitu 2.000 L/detik [1]. Penurunan kualitas air terjadi dan mengakibatkan tidak stabilnya antara kuantitas dan kualitas air produksi. Peningkatan kapasitas yang diharapkan dapat menambah debit air pelayanan tidak tercapai secara maksimal karena terjadi peningkatan frekuensi *backwash* filter yang tidak menentu dan dapat mencapai 2 kali *backwash* dalam

satu hari.

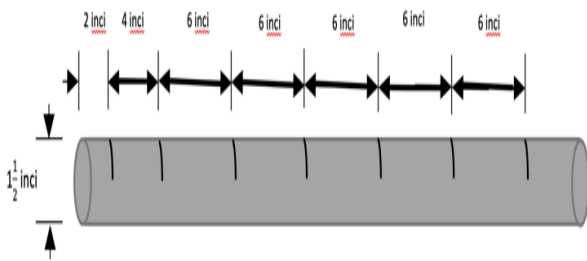
Data sekunder PDAM bulan Desember tahun 2019 menunjukkan bahwa nilai kekeruhan rata-rata filter masih memenuhi baku mutu kecuali pada tanggal 20 dan 21. Baku mutu yang digunakan yaitu Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum [2] dengan baku mutu nilai kekeruhan sebesar 5 NTU. Namun sebagian besar nilai kekeruhan effluen tidak memenuhi target PDAM yaitu berupa *key performance indicator* (KPI) dengan nilai kekeruhan dibawah 1 NTU. KPI ditetapkan sebagai upaya untuk mempertahankan nilai kekeruhan air yang didistribusi pada titik terjauh tetap memenuhi peraturan yang berlaku. Oleh karena itu untuk mencapai target PDAM baik secara kuantitas maupun kualitas, evaluasi khusus terhadap unit filter perlu dilakukan.

Unit filter IPAM Karangpilang III merupakan unit *rapid sand filter* yang memiliki ukuran tipikal 9 m x 7 m x 6,2 m. Media yang digunakan yaitu media antrasit dengan ketebalan 30 cm dan media pasir silika dengan ketebalan 50 cm. Berdasarkan arah alirannya, filter dapat dikategorikan sebagai filter dengan aliran yang mengalir ke bawah. Sistem *backwash* yang diterapkan yaitu *backwash* dengan injeksi air dan udara dimana injeksi udara dilakukan selama 10 menit, dilanjutkan dengan injeksi udara dan air secara bersamaan selama 15 menit.

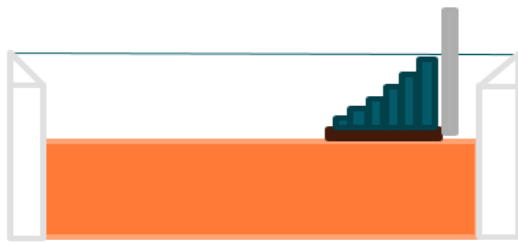
Filter yang baik memiliki kriteria yaitu memiliki nilai kekeruhan < 0,3 NTU, dapat beroperasi lebih dari 24 jam, dan memiliki nilai UFRV mencapai 300-500 m³/m². UFRV merupakan pengukuran produksi filter per luas unit filter per unit yang dioperasikan [3]. Baku mutu untuk nilai kekeruhan yaitu kurang dari sama dengan 5 NTU [2] dan kurang dari sama dengan 1 NTU [4]. Jumlah air *backwash* yang diperlukan sebesar 3 hingga 7% dari air yang diproduksi [5].

Kinerja filter bergantung pada dua faktor yaitu *filter ripening* dan volume air yang ditampung per hari. *Filter ripening* merupakan proses kompleks yang melibatkan mekanisme biologi dan fisik pada filtrasi. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi masalah yang ditemui pada unit filter. Salah satunya yaitu metode *core sampling* atau *filter coring*. Metode ini dapat digunakan untuk mengevaluasi 5 masalah yang sering terlihat pada filter yaitu durasi pengoperasian filter yang terlalu pendek, efisiensi penyisihan partikulat yang rendah, *filter bed growth*, *filter bed compaction*, dan efisiensi penyisihan kontaminan terlarut yang rendah [6].

Metode *filter coring* atau metode *coring* merupakan teknik inspeksi yang digunakan untuk mengetahui jumlah partikel flok yang menempel dan tertinggal pada lapisan media filter. Metode ini menggunakan alat sederhana berupa pipa



Gambar 1. Alat Core Sampling.



Gambar 2. Alat Pengukur Ekspansi Media dan Peletakannya.

Tabel 1.
Efisiensi Penyisihan Kekeruhan Unit Filter

Nomor Filter	Influen (NTU)	Efluen (NTU)	Efisiensi (%)
1	13,2	1,3	90
2	11,9	0,37	97
3	12,4	0,73	94
4	10,9	1,29	88
5	10,7	0,88	92
6	7,6	1,4	82
7	11,7	0,77	93
8	11,5	0,93	92
9	12,4	0,66	95
10	13	2,1	84
11	14,6	0,66	95
12	15,1	1,25	92
13	13,4	0,81	94
14	14,5	0,61	96
Rata-rata	12,35	0,98	92

electrical conduit dengan panjang 5 feet berdiameter 1,5 inci dengan kedalaman tertentu yang sudah ditandai pada pipa. Metode ini dilakukan sebelum dan sesudah *backwash* dilakukan.

II. ALAT DAN BAHAN

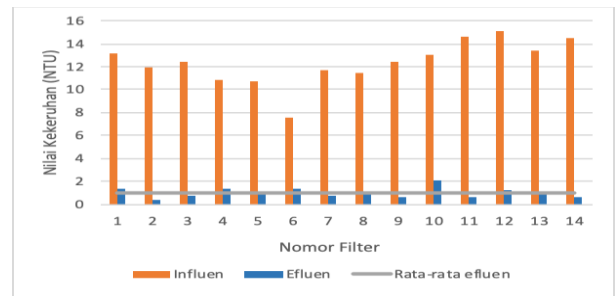
Peralatan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Turbidimeter
2. Alat timbangan yaitu neraca analitik
3. Alat *core sampling* yaitu pipa berbahan PVC jenis AW dengan diameter 1,5 inci sepanjang 5 feet.
4. Alat pengukur ekspansi media
5. Alat pengayak
6. Kontainer untuk wadah sampel air dan sampel media filter.
7. *Glassware*, meliputi 3 gelas erlenmeyer 100 mL, 3 gelas beaker 500 mL, 3 corong kaca, dan 1 gelas ukur 100 mL.

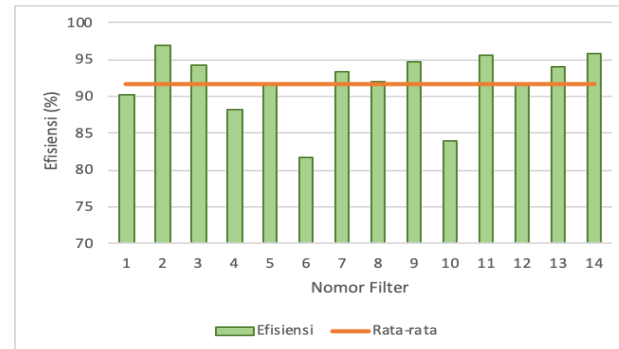
III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data terdiri dari pengumpulan data sekunder



Gambar 3. Nilai Kekeruhan Influen dan Efluen Unit Filter.



Gambar 4. Efisiensi Penyisihan Kekeruhan.

Tabel 2.
Persentase Rasio Volume *Backwash* terhadap Volume Air Produksi

Nomor Filter	Volume Air <i>Backwash</i> (m ³)	Volume Air Produksi (m ³)	% Rasio Volume Air <i>Backwash</i> / Volume Air Produksi
1	486	35.729,06	1,36
2	486	24.320,65	2,00
3	486	24.631,79	1,97
4	486	20.584,92	2,36
5	486	11.873,04	4,09
6	486	10.578,71	4,59
7	486	10.319,42	4,71
8	486	14.984,43	3,24
9	486	13.739,87	3,54
10	486	9.334,15	5,21
11	486	21.829,47	2,23
12	486	27.276,47	1,78
13	486	62.899,74	0,77
14	486	33.551,09	1,45

dan primer. Untuk data sekunder didapatkan dari data IPAM Karangpilang III sedangkan data primer didapatkan dari pengukuran di lapangan.

B. Evaluasi Kinerja Filter

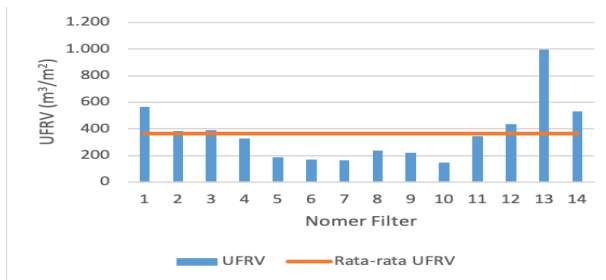
Evaluasi dilakukan terhadap 14 unit filter sebagai pengujian pendahuluan untuk menentukan 3 filter yang dievaluasi secara khusus dengan menggunakan metode *filter coring*. Evaluasi ini meliputi:

1) Pengukuran nilai kekeruhan

Pengukuran dilakukan dengan melakukan *sampling* pada influen dan efluen filter kemudian diukur dengan turbidimeter. Jumlah sampel yang diambil sebanyak 28 sampel. Dari hasil pengukuran dapat dihitung efisiensi penyisihan filter.

2) Penghitungan persentase rasio volume air *backwash* terhadap volume air produksi.

Penghitungan menggunakan data sekunder untuk mengetahui persentase rasio air *backwash* yang digunakan per unit, dimana hasilnya dibandingkan dengan kriteria kinerja filter yang baik. Penghitungan menggunakan rumus berikut:



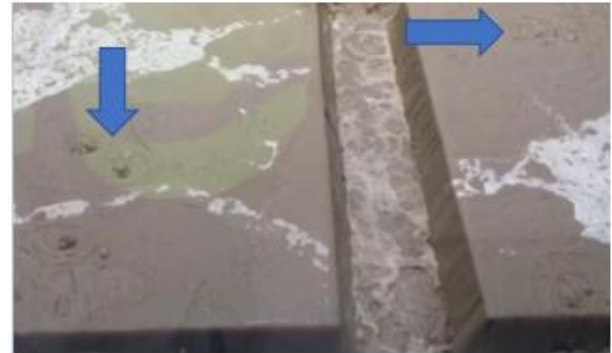
Gambar 5. Unit Filter Run Volume (UFRV).



Gambar 6. Filter Channeling pada Media Unit Filter.



Gambar 7. Media Unit Filter Nomor 10.



Gambar 8. Air Binding Media Unit Filter.

Tabel 3.
Nilai Kinerja Unit Filter

Nomor Filter	Nilai Kekeruhan	Unit Filter Run Volume	% Rasio Volume Air Backwash/ Volume Air Produksi	Total Nilai
1	2	4	1	7
2	4	4	2	10
3	3	4	2	9
4	2	3	2	7
5	3	2	3	8
6	2	1	4	7
7	3	1	4	8
8	3	2	3	8
9	3	2	3	8
10	1	1	4	6
11	3	4	2	9
12	2	4	2	8
13	3	4	1	8
14	3	4	1	8

$$\text{Persentase rasio} = \frac{\text{Volume air backwash (m}^3\text{)}}{\text{Volume air produksi (m}^3\text{)}} \times 100\% \quad (1)$$

3) Penghitungan UFRV

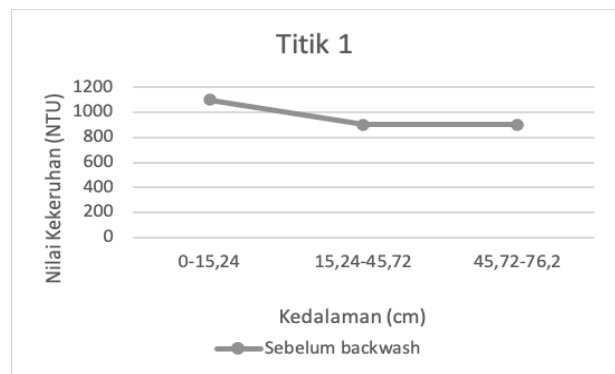
Penghitungan menggunakan data sekunder untuk mengetahui produksi filter per luas unit filter per unit yang dioperasikan, dimana hasilnya dibandingkan dengan kriteria kinerja filter yang baik. Penghitungan menggunakan rumus berikut:

$$UFRV \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \right) = \text{Laju filtrasi} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{jam}} \right) \times \text{Durasi pengoperasian (jam)} \quad (2)$$

Dari hasil evaluasi, dilakukan penilaian untuk menentukan 3 unit filter untuk dievaluasi secara khusus menggunakan metode *filter coring*. Tiga unit filter meliputi 1 filter dengan kinerja yang terbaik, 1 filter dengan kinerja sedang, dan 1 filter dengan kinerja terburuk.

C. Evaluasi Kinerja Backwash Menggunakan Metode Filter Coring

Evaluasi dilakukan pada 3 unit yang sudah dipilih



Gambar 9. Profil Floc Retention Titik 1 Unit Filter Nomor 10.

berdasarkan hasil evaluasi kinerja filter. Evaluasi yang dilakukan meliputi beberapa tahap yaitu:

1) Inspeksi visual unit filter

Prosedur yang dilakukan yaitu menguras dan mengisolasi filter, kemudian dilakukan inspeksi secara visual untuk melihat tanda-tanda terbentuknya *cracking* pada permukaan media, *mud balls*, dan gundukan media dengan masuk ke dalam filter dengan tangga dan kayu lapis sebagai alas untuk mengelilingi media tanpa menginjak media secara langsung.

2) Core sampling

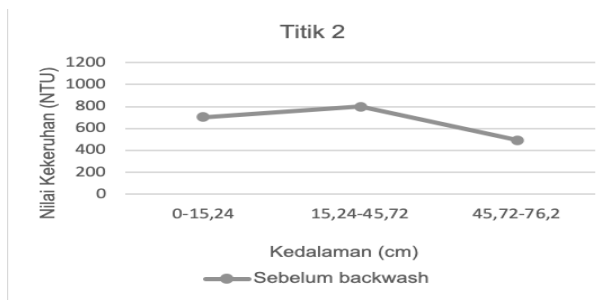
Core sampling dilakukan pada 3 titik yang sudah ditentukan pada permukaan media filter. Prosedur yang dilakukan yaitu menguras dan mengisolasi filter, kemudian mengambil sampel dengan kedalaman yang berbeda yaitu 0-15,24 cm, 15-24-45,72 cm, dan 45,72-76,2 cm pada tiap titik *sampling* menggunakan alat *core sampling*. Hasil *core sampling* kemudian dianalisis menggunakan analisis *floc retention*.

3) Pengukuran kekeruhan saat backwash

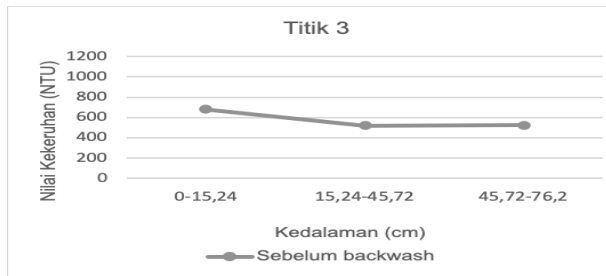
Pengukuran dilakukan dengan mengambil sampel selama 15 menit pada setiap menitnya. Sampel pertama diambil tepat saat air *backwash* mulai tumpah kedalam *backwash throughs*,

4) Pengukuran ekspansi media filter saat backwash

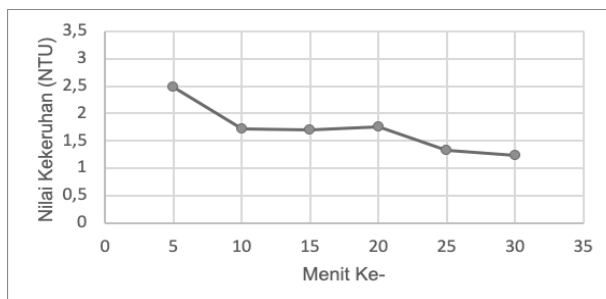
Pengukuran dilakukan dengan meletakkan alat pengukur ekspansi saat filter sedang diisolasi terlebih dahulu.



Gambar 10. Profil Floc Retention Titik 2 Unit Filter Nomor 10.



Gambar 11. Profil Floc Retention Titik 3 Unit Filter Nomor 10.



Gambar 12. Profil Nilai Kekeruhan Efluen Unit Filter Nomor 2.

Kemudian *backwash* dilakukan untuk mengukur ekspansi yang terjadi. Ambil alat pengukur lalu simpan sampel dari alat pengukur sesuai ketinggian pipa pada wadah sampel untuk ditimbang dan diayak menggunakan analisis ayakan.

5) Profil kekeruhan efluen unit filter

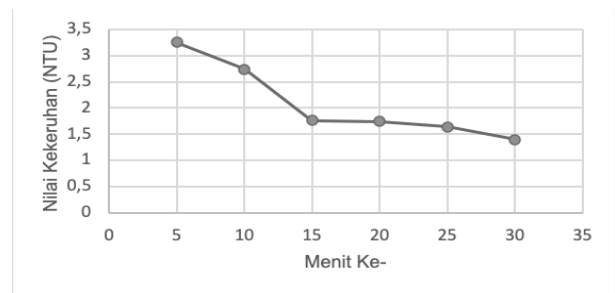
Pengukuran dilakukan dengan mengambil sampel setiap 5 menit sekali selama 30 menit pada efluen filter. Alat core sampling dapat dilihat pada Gambar 1 dan alat pengukur ekspansi media dan peletaknya dapat dilihat pada Gambar 2.

D. Analisis Data

Analisis data dan pembahasan dilakukan terhadap data primer dan sekunder yang diperoleh. Parameter yang digunakan yaitu parameter nilai kekeruhan. Terdapat 2 analisis data yang dilakukan yaitu:

1) Analisis floc retention

Analisis dilakukan terhadap hasil *core sampling* yaitu media filter. Berikut tahap pelaksanaan analisis: (1)Diambil dan ditimbang sampel media filter hasil dari *core sampling* beratnya sebesar 50 gram; (2)Campurkan dengan 100 mL air lalu dikocok selama 30 detik; (3)Pisahkan air dengan media lalu ulangi percobaan pada poin 2; (4)Ulangi percobaan pada poin 2 dan 3 hingga volume air hasil pemisahan dengan media sebesar 500 mL; (5)Ukur kekeruhan air tersebut dengan turbidimeter lalu kalikan 2 hasil pengukuran untuk mendapatkan hasil pengukuran untuk mendapatkan hasil pengukuran untuk 100 gram sampel media. Catat hasil penghitungan; (6)Ulangi perlakuan poin 1-5 untuk masing-masing hasil *core sampling* kemudian bandingkan hasilnya



Gambar 13. Profil Nilai Kekeruhan Efluen Unit Filter Nomor 10.

Tabel 4.
Nilai Kekeruhan Tiap Titik dan Kedalaman *Core Sampling* Filter Nomor 10

Kedalaman (cm)	Kekeruhan Titik 1 (NTU)	Kekeruhan Titik 2 (NTU)	Kekeruhan Titik 3 (NTU)
0-15,24	1.100	704	682
15,24-45,72	900	800	522
45,72-76,2	900	492	526
Rata-rata	967	665	577

Tabel 5.
Nilai Kekeruhan Efluen Filter Nomor 2 dan 10

Menit	Nilai Kekeruhan Filter 2 (NTU)	Nilai Kekeruhan Filter 10 (NTU)
5	2,49	3,25
10	1,72	2,74
15	1,71	1,76
20	1,76	1,74
25	1,32	1,64
35	1,23	1,4

dengan kriteria *range* nilai kekeruhan untuk menentukan bersih tidaknya media filter. Berikut kriteria range nilai kekeruhan:

- 10-30 NTU = Media filter sangat bersih dan tidak matang
- 30-60 NTU = Media filter bersih namun matang secara parsial
- 60-120 NTU = Media filter sedikit kotor dan matang secara menyeluruh
- 120-300 NTU = Media filter dan menyekap secara menyeluruh
- 300-600 NTU = Media kotor dengan kemungkinan terbentuknya *mud balls* dan matang secara menyeluruh
- 600-1.200 NTU = Media sangat kotor, terbentuk banyak *mud balls*
- > 1.200 NTU = Media sangat kotor sehingga perlu pembersihan menggunakan bahan kimia atau penggantian media.

Setelah analisis selesai dilakukan, dibuat profil untuk menggambarkan hubungan antara nilai kekeruhan dengan variasi kedalaman *core sampling*.

2) Analisis ayakan

Analisis dilakukan terhadap hasil *sampling* pengukuran ekspansi media yaitu media filter. Berikut tahap pelaksanaan analisis:

1. Keringkan sampel pada suhu 110 derajat celcius selama 1 hari
2. Pilih ukuran bukaan yang cocok untuk mengklasifikasikan sampel lalu guncangkan pengayak

dengan tangan atau alat mekanis selama periode yang diperlukan

3. Batasi kuantitas sampel sehingga semua partikel memiliki peluang untuk terklasifikasi selama analisis berlangsung
4. Lanjutkan pengayakan sehingga tidak sampai 1 % berat dari sampel tertahan pada tiap ayakan selama 1 menit proses pengayakan berlangsung.
5. Tentukan massa dari tiap kenaikan ukuran. Apabila total massa sampel yang sudah diayak memiliki perbedaan 0,3 % dari massa kering sebelumnya maka hasil pengayakan tidak dapat digunakan
6. Setelah analisis selesai dilakukan, dibuat diagram untuk menggambarkan distribusi ukuran partikel media sesuai variasi ketinggian alat.

Untuk hasil pengukuran kekeruhan efluen dan *backwash* filter dibuat masing-masing 1 profil yang menggambarkan; (1) Hubungan antara nilai kekeruhan *backwash* dan waktu pengambilan sampel; (2) Hubungan antara nilai kekeruhan efluen dan waktu pengambilan sampel. Kemudian dilakukan pembahasan dari hasil analisis dari profil-profil yang dibuat berdasarkan hasil yang diperoleh.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Evaluasi Kinerja Filter

1) Pengukuran nilai kekeruhan

Pengukuran dilakukan sebanyak 1 kali pada influen dan efluen unit filter. Alat ukur yang digunakan yaitu turbidimeter dengan merk Turb WTW 430 IR. Hasil pengukuran selengkapnya pada Tabel 1. Nilai kekeruhan influen yang diterima oleh tiap unit filter tidak memenuhi *key performance indicator* PDAM yaitu 6 NTU sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap unit sebelumnya yaitu unit *clearator*. Tingginya nilai kekeruhan yang diterima dapat disebabkan oleh kualitas air baku yang berubah-ubah dan dosis pembubuhan bahan kimia yang tidak sesuai.

Pada Gambar 3 menunjukkan nilai kekeruhan influen and efluen yang dihasilkan oleh setiap filter dan nilai rata-rata kekeruhan efluen yang dihasilkan sebesar 0,98 NTU sedangkan Gambar 4 menunjukkan hasil penghitungan persentase efisiensi penyisihan nilai kekeruhan untuk setiap filter dan persentase rata-rata efisiensi sebesar 92%.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, nilai efluen filter masih memenuhi baku mutu yaitu dibawah 5 NTU [2] sedangkan berdasarkan Angreni (2009), Nilai efluen seluruh filter belum memenuhi baku mutu yaitu < 0,3 NTU [3]. Di Amerika Serikat dan Eropa, baku mutu yang ditetapkan sebesar kurang dari sama dengan 1 NTU sehingga kualitas efluen tidak memenuhi [4]. Namun apabila dibandingkan dengan *Key Performance Indicator* (KPI) yang ditetapkan oleh PDAM Surya Sembada, nilai efluen yang tidak memenuhi PI yaitu dibawah 1 NTU adalah nilai efluen dari unit filter nomor 1, 4, 6, 10, dan 12.

2) Penghitungan persentase rasio volume air *backwash* terhadap volume air produksi.

Penghitungan menggunakan data debit pengolahan unit filter dari data sekunder yaitu 8.711,9 m³/jam dari 14 unit filter sehingga rata-rata debit pengolahan per unit sebesar 622,28 m³/jam. Berdasarkan spesifikasi pompa, data debit *backwash* sebesar 1.080 m³/jam untuk 1 pompa. Penggunaan

1 pompa untuk 3 menit pertama dan penggunaan 2 pompa untuk 12 menit selanjutnya, sehingga volume *backwash* sebesar 486 m³. Persentase rasio volume *Backwash* terhadap volume air produksi dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil penghitungan dapat diketahui bahwa rasio filter nomor 5 hingga 10 yang memenuhi kriteria yaitu diantara 3 - 7 %. Jumlah air *backwash* yang diperlukan sebesar 3 hingga 7% dari air yang diproduksi [5]. Persentase rasio yang kurang dari kriteria menandakan durasi *backwash* yang diterapkan tidak sesuai dengan durasi pengoperasian filter. Durasi atau frekuensi *backwash* akan bertambah apabila durasi pengoperasian filter pendek [7]. Durasi pengoperasian yang pendek dapat diakibatkan oleh kondisi media penyaring yang buruk yaitu terjadinya kehilangan media dan permukaan media yang tidak rata [6].

3) Penghitungan UFRV

Penghitungan menggunakan data sekunder yang didapatkan dari PDAM yang sudah diolah. Berikut hasil penghitungan UFRV pada Gambar 5. Hasil penghitungan diatas menunjukkan bahwa hanya filter 2, 3, 4, 11, dan 12 yang memenuhi kriteria yaitu 300-500 m³/m². Untuk filter dengan nilai UFRV kurang dari kriteria dapat melakukan evaluasi terhadap kondisi media filter untuk menghindari dan meminimalkan penambahan frekuensi atau durasi pengoperasian sekaligus durasi *backwash* yang dapat mengurangi volume air produksi. Hal ini akan mempengaruhi nilai kekeruhan dan dapat memperpendek waktu operasi filter [8].

Dari hasil pengukuran dan penghitungan dilakukan penilaian selengkapnya pada tabel 3.

Keterangan: Range nilai untuk setiap kriteria yaitu 1-4. Unit dengan total nilai tertinggi merupakan unit dengan kinerja terbaik sedangkan nilai terendah menandakan unit dengan kinerja filter terburuk sehingga dapat disimpulkan bahwa unit nomor 2 merupakan unit dengan kinerja terbaik sedangkan unit nomor 10 merupakan unit dengan kinerja terburuk. Untuk unit filter dengan kinerja sedang yaitu unit nomor 14. Berdasarkan hasil pada tabel diatas, dipilih unit nomor 2, 14, dan 10 yang mewakili setiap 3 kategori kinerja filter yaitu kinerja baik, sedang, dan buruk untuk dievaluasi secara khusus menggunakan metode *filter coring*.

Unit filter nomor 2 memiliki kinerja filter yang baik karena memenuhi kriteria efluen filter dan UFRV. Penyebab kriteria persentase rasio volume *backwash* terhadap volume produksi tidak memenuhi yaitu durasi *backwash* yang tidak sesuai dengan durasi pengoperasian filter. Hal ini dapat mengakibatkan media filter tidak tercuci dengan baik. Perlu dilakukan evaluasi lanjutan terhadap unit filter untuk memastikan bahwa filter tidak mengalami kendala pada medianya, melainkan akibat pengoperasian *backwash* yang tidak sesuai. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil pengukuran nilai kekeruhan efluen setelah *backwash* yang dilakukan pada evaluasi kinerja *backwash*.

Unit filter nomor 10 memiliki kinerja terburuk karena hanya memenuhi kriteria persentase rasio volume *backwash*. Hal ini diakibatkan oleh berkurangnya dan menyusutnya media filter dan proses *backwash* yang tidak merata.

Hasil penilaian pada evaluasi kinerja filter menunjukkan bahwa semua filter tidak dapat memenuhi 3 kriteria kinerja filter yaitu nilai kekeruhan, persentase rasio volume *backwash* terhadap volume air produksi, dan nilai UFRV.

Unit filter yang telah memenuhi kriteria nilai kekeruhan belum tentu memenuhi kriteria nilai UFRV dan persentase rasio. Filter yang telah memenuhi kriteria UFRV tidak memenuhi kriteria persentase rasio, begitu pula sebaliknya. Hal ini terjadi karena durasi pengoperasian filter mempengaruhi persentase rasio volume air *backwash* dengan volume air produksi dan nilai UFRV. Semakin lama filter dioperasikan, semakin besar nilai UFRV namun persen rasio semakin kecil. Untuk memenuhi kriteria persen rasio, maka dapat menambah durasi *backwash* sehingga volume *backwash* bertambah. Nilai kekeruhan dipengaruhi oleh pengoperasian *backwash* dan kondisi media filter sehingga memiliki keterkaitan dengan kriteria persentase rasio volume *backwash* terhadap volume air produksi. Dengan demikian, ketiga kriteria tersebut saling berkaitan.

B. Evaluasi Kinerja Backwash Menggunakan Metode Filter Coring

1) Inspeksi Visual Media Filter

Unit filter IPAM Karangpilang III menggunakan 2 jenis media penyaring yaitu media pasir silika dan antrasit. Media pasir silika yang digunakan berukuran 0,5-2 mm dengan tebal 50 cm sedangkan media antrasit berukuran 0,5-1,9 mm dengan tebal 30 cm sehingga tidak memenuhi ukuran efektif dan ketebalan media berdasarkan SNI 6774:2008 [9]. Kriteria ukuran efektif media pasir yaitu 0,3-0,7 mm dengan ketebalan 30-60 cm sedangkan ukuran efektif media antrasit yaitu 1,2-1,8 mm dengan tebal 40-50 cm. Terdapat ukuran efektif media pasir yang lebih besar dari 0,7 mm, ukuran efektif media antrasit kurang dari 1,2 mm dan lebih dari 1,8 mm, serta ketebalan media antrasit kurang dari 40 cm.

Berdasarkan data sekunder dari PDAM, diketahui bahwa media yang digunakan berumur 10 tahun. Pada tahun 2018, unit filter nomor 1, 2, dan 3 melakukan penggantian media antrasit setebal 40 cm. Menurut Hendricks, media dapat bekerja dengan baik selama 20-30 tahun dengan asumsi kondisi sistem *underdrain* yang baik, dimana *orifice* tidak tersumbat [10]. Idealnya, sistem yang berjalan dengan baik ditandai dengan distribusi air *backwash* yang merata, tidak ada *dead zone* akibat *orifice* yang tersumbat, dan air terfilter oleh seluruh area media filter. Namun selama *backwash* berlangsung pada filter nomor 2 dan 10, terlihat distribusi *backwash* yang tidak merata dan adanya *dead zone* sehingga dapat dipastikan adanya penyumbatan pada *orifice* dan masalah yang terjadi belum tentu diakibatkan oleh faktor usia media.

Air binding juga terjadi selama *backwash* berlangsung pada unit filter nomor 2 dan 10. *Air binding* merupakan proses keluarnya udara terlarut dalam air jenuh akibat penurunan tekanan atau udara yang terperangkap pada media filter pada penyelesaian proses *backwash*. Udara menghalangi air melalui media filter sehingga mengakibatkan pengoperasian filter yang singkat. Media akan tersuspensi dalam air cucian dan terbawa keluar filter sehingga mengakibatkan kehilangan media khususnya pada filter yang menggunakan media ringan. Menyesuaikan durasi atau urutan siklus *backwash* dan menyesuaikan laju aliran *air scouring* dapat menjadi solusi dalam menyelesaikan permasalahan *media boils* dan kehilangan media [11].

Jumlah media filter pada filter nomor 10 berkurang, ditandai dengan bekas ketinggian media sebelumnya diatas

media di dinding filter dan permukaan media yang tidak rata. Adanya *cracking* dan penyusutan pada media filter juga dapat menjadi penyebab proses *backwash* yang berjalan tidak efektif dan tidak sesuai [11].

Berdasarkan hasil analisis visual ditemukan *cracking* pada unit filter nomor 2 dan 10. *Cracking* biasa disebabkan oleh akumulasi padatan pada permukaan lapisan media filter yang terjadi dengan cepat. Pada saat *head loss* meningkat, terjadi pembentukan lapisan lembut lendir yang menyelimuti butiran pasir. *Cracking* juga berkaitan dengan masalah filter lainnya yaitu inkrustasi pasir, dimana dapat menjadi penyebab awal terjadinya *cracking* akibat mengendapnya material berlendir yang berasal dari air influen atau akibat kristalisasi kalsium karbonat dari air influen berkadar kapur tinggi [12].

Mud balls tidak ditemukan pada permukaan media dan pada sampel media yang diambil dari hasil *core sampling* filter nomor 10. Namun tidak berarti *mud balls* tidak terbentuk pada lapisan media filter. *Mud balls* dapat terbentuk pada lapisan dasar media dan merusak struktur media penyaring dan penyangga. Apabila dibiarkan, *mud balls* memadat dan mengeras, kemudian membentuk “saluran” akibat alginat dari bakteri yang tumbuh pada media. Pembentukan saluran ini dikenal sebagai *filter channeling*. Dampak yang diakibatkan *filter channeling* yaitu jumlah udara dan air yang diinjeksikan selama *backwash* tidak dapat menghilangkan *biofilm* pada butiran media [13]. Oleh karena itu, *filter channeling* terjadi pada filter ditandai dengan adanya *cracking* pada permukaan media sehingga operasi pada proses *backwash* perlu disesuaikan.

Munculnya beberapa indikator yang meliputi kehilangan media, media yang retak dan menyusut, media saling campur, *air binding*, nilai kekeruhan tinggi, dan terbentuknya *mud balls* dapat disebabkan oleh *backwash* yang berjalan tidak sesuai. Namun di sisi lain, indikator-indikator tersebut juga dapat disebabkan oleh hal lain. Kehilangan, penyusutan, adanya *cracking* pada media, serta media saling campur dapat terjadi akibat *nozzle* yang buntu, lapisan gravel tidak rata atau *underdrain* gagal berfungsi [6]. Hasil inspeksi visual media filter nomor 10 selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 6 hingga Gambar 8.

2) Core Sampling

Hasil dari *core sampling* atau *filter coring* pada unit filter nomor 10 berupa sampel media filter dengan kedalaman yaitu 0-15,24 cm, 15,24-45,72 cm, dan 45,72-76,2 cm yang dilakukan sebelum *backwash* berlangsung. Hasil profil *floc retention* dapat dilihat pada Gambar 9 hingga Gambar 11. Pengukuran nilai kekeruhan menggunakan turbidimeter merk HANNA HI88703. Nilai kekeruhan tiap titik dan kedalaman *core sampling* filter no 10 dapat dilihat pada Tabel 4. Profil *floc retention* pada Gambar 9 hingga 11 menunjukkan bahwa pada titik 1 dan 3 memiliki banyak *floc* yang tertahan pada kedalaman 0-15,24 cm sedangkan pada titik 2 *floc* yang tertahan terdapat di kedalaman 15,24-45,72 cm. Hal ini menunjukkan bahwa proses filtrasi yang maksimal terjadi pada kedalaman yang berbeda di titik yang berbeda. *floc* yang terakumulasi di bagian atas media pasir dapat diakibatkan oleh media antrasit yang hilang sehingga mengakibatkan *air binding*. Berdasarkan McGlohorn [14], rata-rata hasil tersebut maka kondisi media pada berbagai titik yaitu sebagai berikut; (a) Titik 1 = Media sangat kotor dan terbentuk banyak *mud balls* (600-1.200 NTU); (b) Titik 2

= Media sangat kotor dan terbentuk banyak *mud balls* (600-1.200 NTU); (c) Titik 3 = Media kotor dengan kemungkinan terbentuknya *mud balls* dan matang secara menyeluruh (300-600 NTU).

3) Pengukuran Nilai Kekeruhan Efluen Setelah Backwash

Berdasarkan data hasil pengukuran didapatkan profil nilai kekeruhan efluen setelah *backwash* unit filter 2 dan 10 pada Gambar 12 dan Gambar 13. Hasil pengukuran diatas menunjukkan bahwa terjadi penurunan kekeruhan terbesar dari menit 5 ke menit 10 pada unit 2 sebesar 0,77 NTU sedangkan penurunan kekeruhan terbesar terjadi pada menit 10 ke menit 15 pada unit 10 sebesar 0,51. Setelah 30 menit, kualitas efluen yang dihasilkan filter nomor 2 lebih baik dibandingkan filter nomor 10. Namun kedua efluen pada menit ke 30 tidak memenuhi KPI PDAM yaitu kurang dari 1 NTU. Tingginya nilai kekeruhan yang terjadi pada awal pengoperasian filter diakibatkan oleh sisa flok yang tertinggal pada permukaan media filter [15]. Nilai kekeruhan efluen filter nomor 2 dan 10 dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan Logsdon, ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk meminimalkan nilai kekeruhan yang tinggi saat filter dioperasikan kembali setelah *backwash*. Metode-metode itu terdiri dari [16]:

1. Mengontrol laju air *backwash* secara bertahap di akhir proses *backwash*
2. Penambahan koagulan atau polimer tambahan selama proses filtrasi berlangsung
3. Penambahan bahan kimia kedalam air *backwash* di akhir proses *backwash*
4. Mengistirahatkan unit filter setelah *backwash*
5. *Filter-to-Waste*

Pengontrolan laju bertujuan agar lapisan media terfluidasi dengan baik sehingga dapat menyisihkan sisa flok *backwash* pada periode *filter ripening*. Metode ini tidak memerlukan peralatan dan fasilitas khusus selain kemampuan untuk mengontrol laju fluidasi air *backwash* selama *backwash* sehingga sangat mudah dilakukan. Operator dapat memodifikasi prosedur *backwash* sesuai dengan kebutuhan, dimana waktu yang direkomendasikan berdasarkan laju peningkatan dan waktu yang dibutuhkan air *backwash* untuk melewati lapisan media ditambah waktu yang dibutuhkan air untuk sampai ke level permukaan *wash water through*. Laju air *backwash* diturunkan perlahan di akhir proses *backwash* sehingga menambah durasi *backwash*. Dengan mengontrol laju air *backwash* di akhir proses dapat memperpendek prosedur *Filter-to-Waste* sehingga volume air yang dibuang dapat berkurang [17].

Metode kedua yaitu penambahan koagulan atau polimer tambahan bertujuan untuk mengurangi muatan elektronegatif pada permukaan partikel dengan menambah bahan kimia bermuatan positif selama proses filtrasi berlangsung. Penambahan bahan kimia ke dalam air *backwash* di akhir proses bertujuan untuk menguatkan flok dan meningkatkan kemampuan partikel untuk saling mengikat, namun tidak mengurangi muatan elektronegatif pada permukaan partikel. Bila penambahan diterapkan pada filter yang tidak menerapkan *Filter-to-Waste* maka bahan kimia akan terbawa ke air produksi. Hal ini dapat dihindari dengan mengakhiri penambahan pada waktu yang sudah ditentukan berdasarkan laju aliran *backwash* dan volume pipa dan *underdrain* filter.

Filter dapat diistirahatkan setelah *backwash* untuk mengurangi tingginya nilai kekeruhan yang dihasilkan. Namun, waktu istirahat yang terlalu lama dihindari karena dapat mengakibatkan tumbuhnya bakteri pada media filter sehingga filter tidak dapat dioperasikan langsung. Partikel yang stabil tidak dapat disisihkan secara efektif karena tidak dipengaruhi oleh kapan filter dioperasikan kembali dan besar laju filter saat dioperasikan kembali [18]. Selain itu metode ini tidak cocok dengan instalasi pengolahan yang membutuhkan seluruh filternya untuk mencapai target air produksi tertentu sehingga metode ini tidak dapat diaplikasikan pada unit filter IPAM Karangpilang III.

Filter-to-Waste merupakan metode pembuangan efluen pada awal filter dioperasikan hingga efluen memenuhi baku mutu nilai kekeruhan. Waktu yang dibutuhkan bergantung unit instalasi sehingga perlu dilakukan pemantauan terhadap nilai kekeruhan efluen untuk menentukan durasi yang tepat. Metode ini hemat biaya dan mudah untuk dilakukan oleh operator.

Berdasarkan metode-metode diatas, pengontrolan laju air *backwash* secara bertahap dan *Filter-to-Waste* dipilih sebagai metode yang dapat diaplikasikan di IPAM Karangpilang III karena hemat biaya dan mudah dilakukan oleh operator. Walaupun penentuan prosedur *backwash* yang tepat dapat menurunkan nilai kekeruhan pada fase *ripening*, proses filtrasi tidak bisa dilakukan tanpa melakukan tahap *Filter-to-Waste* [19].

Tahap *Filter-to-Waste* umumnya membutuhkan waktu 30-40 menit untuk membilas flok-flok pada lapisan media filter. Untuk unit filter yang melakukan *air scouring* membutuhkan waktu yang lebih lama karena dilakukannya *backwash* sesuai urutan yaitu injeksi udara kemudian air *backwash* [20]. Berdasarkan profil nilai kekeruhan pada Gambar 12 dan 13 juga menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan kedua unit untuk mencapai nilai KPI lebih dari 30 menit. Di sisi lain, penggantian media pada filter nomor 2 yang dilakukan pada tahun 2018 dapat mempengaruhi kinerja *backwash* filter sehingga waktu yang dibutuhkan unit filter nomor 2 untuk mencapai nilai KPI lebih cepat dibandingkan unit filter nomor 10 yang medianya tidak diganti. Hal ini didukung oleh hasil pengukuran nilai kekeruhan efluen filter pada evaluasi kinerja filter, dimana nilai kekeruhan efluen yang dihasilkan memenuhi nilai *Key Performance Indicator* (KPI) yaitu kurang dari 1 NTU sedangkan nilai kekeruhan efluen unit filter nomor 10 belum memenuhi KPI.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Semua filter tidak dapat memenuhi 3 kriteria kinerja filter yaitu nilai kekeruhan, persentase rasio volume air *backwash* terhadap volume air produksi, dan nilai UFRV. Ketiganya saling berkaitan satu sama lain. Parameter operasional yang mempengaruhi kinerja filter yaitu operasional *backwash*, yang meliputi durasi *backwash* dan pengontrolan laju air *backwash*. Penilaian berdasarkan hasil pengukuran dan penghitungan evaluasi kinerja filter berdasarkan 3 kriteria tersebut menunjukkan bahwa unit filter nomor 2 memiliki kinerja filter terbaik dengan nilai 10, unit filter nomor 14 memiliki kinerja filter sedang dengan nilai 8, dan unit filter nomor 10 memiliki kinerja filter terburuk dengan nilai 6.

Filter dengan nilai diatas rata-rata sebanyak 10 unit dan dengan nilai dibawah rata-rata sebanyak 4 unit.

Evaluasi kinerja *backwash* menunjukkan adanya *filter channeling* pada media filter nomor 2 dan 10 dan penyusutan serta kehilangan media pada media filter nomor 10. Hasil *core sampling* menunjukkan perbedaan kondisi media pada ketiga titik *sampling* dan kemampuan lapisan media dalam mengakumulasi partikel flok. Profil kekeruhan efluen setelah *backwash* menunjukkan penurunan kekeruhan filter nomor 2 lebih baik daripada filter nomor 10.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Qomaruddin, E. Karnaningrum, and Vanany, "Analisis resiko clearator ipam karangpilang iii pdam surya sembada kota surabaya," ITS Digital Repository, 2013.
- [2] "PerMenKes 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum." <https://www.slideshare.net/metrosanita/permenkes-492-tahun-2010-tentang-persyaratan-kualitas-air-minum> (accessed Sep. 12, 2020).
- [3] E. Angreni, "Review on optimisation of conventional drinking water treatment plan," *World Appl. Sci. J.*, vol. 7, no. 9, pp. 1144–1151, 2009, doi: 10.1109/ICBEE.2010.5652523.
- [4] F. Schute, *Handbook for the Operation of Water Treatment Works.*, vol. 3. South Africa: Department of Chemical Engineering University, University of Pretoria, 2006.
- [5] F. R. Spellman, *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*. London: Lewis Publishers A, 2003.
- [6] L. Lopato, "Granular filters for water treatment: heterogeneity and diagnostic tools," Technical University of Denmark (DTU), Denmark, 2011.
- [7] A. F. Hess, A. Rachwa, and M. J. Chipps, *Filter maintenance and Operational Guidance Manual*. Virginia: American Water Works Association, 2002.
- [8] N. G. Pizzi, *Water Treatment*, 4th ed. Ohio: AWWA.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, *Standar Nasional Indonesia 6774: 2008 - Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- [10] D. Hendricks, *Fundamentals of Water Treatment Unit Process: Physical, Chemical, and Biological*. London: CRC Press, 2011.
- [11] G. Carty and N. Bourke, *Water Treatment Manuals Filtration*. Ireland: Environmental Protection Agency, 1995.
- [12] J. K. Das and M. Sandha, "Design of Rapid Gravity Filter Using C Programming and Autocad Design of Rapid Gravity Filter Using," National Institute of Technology Rourkela, 2007.
- [13] S. M. Al Aibi *et al.*, "Removal efficiency of solid particles from raw water using afm grade-2 media: case study," *J. Chem. Eng. Process Technol.*, vol. 09, no. 03, pp. 2–10, 2018, doi: 10.4172/2157-7048.1000384.
- [14] G. McGlohorn, *Filter Assessment Manual*, 3rd ed. South Carolina: Department of Health and Environmental Control, 2003.
- [15] W. C. H. S. V.D., "Improving the initial effluent quality of a rapid sand filter by coagulants as alum & polymer in back wash," *Int. J. Sci. Res.*, vol. 3, no. 6, pp. 2232–2236, 2014, [Online]. Available: <https://www.ijrsr.net/archive/v3i6/MDIwMTQ3NzE=.pdf>.
- [16] G. S. Logsdon, *Water Filtration Particles: Including Slow Sand Filter and Precoat Filtration*, 1st ed. USA: American Water Works Association, 2011.
- [17] A. Enhanced, A. Amirtharajah, B. M. Brouckaert, and N. C. Spivey, "An enhanced backwashing techniques for improved filter ripening," *J. AWWA 9512*, no. December, pp. 81–94, 2003.
- [18] J. E. Amburgey, A. Amirtharajah, B. M. Brouckaert, and N. C. Spivey, "Effect of washwater chemistry and delayed start on filter ripening," *J. AWWA*, vol. 96, no. 1, pp. 97–110, 2004.
- [19] I. Slavik, A. Jehmlich, and W. Uhl, "Impact of backwashing procedures on deep bed filtration productivity in drinking water treatment," *Water Res.*, vol. 47, no. 16, pp. 6348–6357, 2013, doi: 10.1016/j.watres.2013.08.009.
- [20] M. L. Davis, *Water and Wastewater Engineering: Design Principles and Practice*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc., 2010.